Aus der Staatlichen Forschungsabteilung für Kurortwissenschaft und medizinische Klimatologie beim Hygienischen Institut der Universität Marburg/Lahn
Direktor: Prof. Dr. W. Pfannenstiel

Über die Wirkung der Einatmung unipolar geladener Luft auf die Durchblutungsgröße der Schleimhäute des Atemtraktus

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
in der gesamten Medizin
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg

vorgelegt von

Ferdinand Achler
aus Zimmersrode (Bez. Kassel)

Marburg 1940

Druck: Hessischer Verlag Karl Euker, Marburg/Lahn

Angenommen von der Medizinischen Fakultät der Universität Marburg
am 20. Dezember 1939.

Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät.

Referent: Prof. Dr. Pfannenstiel.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen Eltern
in Dankbarkeit gewidmet!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547924_0161

Daß zwischen dem menschlichen Befinden und der Umwelt, besonders dem Klima, Zusammenhänge bestehen müssen, steht fest. Im Klima, als dem „atmosphärischen Lebensmilieu" (Dorno) wirken eine Fülle von Einzelfaktoren auf den menschlichen Organismus ein. Da keiner dieser Faktoren jemals für sich allein seine Wirkung entfaltet, geht es nicht an, einen derselben herauszugreifen und als pathogen hinzustellen. Vielmehr ist es der Zusammenklang, der „Akkord" aller Klimaeinflüsse, der gelegentlich krankheitsauslösend zu wirken vermag [24]).

Macht man nun trotzdem den Versuch, wie im vorliegenden Falle, einen Einzelfaktor, nämlich unipolar geladene Luft, gesondert für sich zu untersuchen und ihre Wirkung auf den Organismus festzustellen, so ist das nur insofern berechtigt, als der Synthese klimatischer Wirkungen die Analyse vorausgehen muß und wir uns zunächst über den biologischen Einfluß der Einzelfaktoren im klaren sein müssen ehe wir an die Prüfung der Gesamtwirkungen herangehen können.

Besonderen Aufschwung erhielt die medizinisch-klimatologische Forschung seit *De Rudder* sich dieser annahm [3]).

Nach seiner Meinung wirkt der Durchzug von Unstetigkeitsschichten, den Berührungsflächen zweier verschiedener Luftkörper, auf den menschlichen Körper.

Diese meteorologische Erscheinung ist aber nicht die Ursache für eine meteorotrope Erkrankung, sondern, nach seiner Meinung, nur der letzte Anstoß für einen vorher sensibilisierten Organismus. Diese Ansicht wurde von manchen Autoren bestätigt und für viele Erkrankungen konnten meteorologische Faktoren als auslösend festgestellt werden [27]) [25]) [10]) [14]) [5]).

Auf Grund von Versuchen und Erfahrungen ist man jetzt der Ansicht, daß nicht die üblichen meteorologischen Komponenten, wie Luftdruck, Feuchtigkeit, Temperatur, Windstärke als pathogen in Frage kommen. Es werden nämlich bei besonders „wetterfühligen" Personen Erkrankungserscheinungen festgestellt, bevor sich eine Änderung jener Faktoren mit den gebräuchlichen Apparaten feststellen läßt. Es muß also hier noch eine Komponente vorhanden sein, die einer Fernwirkung fähig ist. Als solche sieht man neuerdings luftelektrische Vorgänge an [34]) [32]) [16]) [23]) [22]) [18]) [35]) [13]) [4]) [3]).

Man betrachtet die Luft als ein Kolloid, in dem die tragende Phase die Gase, hauptsächlich Sauerstoff und Stickstoff, sind, und die schwe-

bende Phase aus kleinsten Teilchen besteht[35] [36] [37] [19] [20] [6]. Zum Teil sind diese mit einer elektr. Ladung versehen. Sie werden dann als Ionen bezeichnet. Da von jedem Punkt der Luftionen gegenüber der negativ geladenen Erde ein Potentialgefälle vorhanden ist, das im Mittel 100 bis 200 Volt pro m beträgt, sich bei besonderer Wetterlage aber bedeutend erhöht, bilden diese wandernden „Ionen" den sogenannten Vertikalstrom, den ausgleichenden Strom zwischen Atmosphäre und Erde.

Die Ionen sind Molekülkomplexe mit elektrischer Ladung meist einheitlichen Vorzeichens. Über ihren physikalisch-chemischen Aufbau ist fast nichts bekannt. Auf Grund von Messungen ihrer Wanderungsgeschwindigkeit im elektrischen Feld von der Feldstärke 1 Volt unterscheidet man mehrere Größenarten:

1. Ultraschwerionen $< 2{,}5 \times 10^{-4}$ cm/sec.
2. Schwere Ionen (Langevin) $2{,}5\text{–}10 \times 10^{-4}$ cm/sec.
3. Große Mittelionen $10\text{–}100 \times 10^{-4}$ cm/sec.
4. Kleine Mittelionen $> 100 \times 10^{-4}$ cm/sec.
5. Leichte Ionen > 1 cm/sec.

Die Verteilung der Ionengrößen auf das Ionenspektrum ist bei den verschiedenen Wetterlagen anders; während bei klarem Wetter die leichten, schnell beweglichen Ionen stark überwiegen, sind in trüber, nebliger Luft kaum kleine, dagegen sehr viel große Ionen vorhanden.

	Ionengruppe:		
	leichte	mittlere	schwere
Gute Sicht, leichte Bewölkung	viel	wenig	wenig
Klar, aber dunstig und schlechte Sicht	wenig	sehr viel	viel
Trüb, Nebel	sehr wenig	wenig	sehr viel

Auch ihre Konzentration ist größeren Schwankungen unterworfen. Diese richtet sich stark nach der Herkunft des herrschenden Luftkörpers[39].

	Luftkörper:			
	Polar	Tropik	Maritim	Kontinental
Ionengehalt	gering	groß	gering	groß
Elektrische Spannung	niedrig	hoch	niedrig	hoch

In der uns umgebenden Luft herrscht im allgemeinen Ionengleichgewicht. Positiv und negativ geladene Ladungsträger sind in ungefähr gleicher Anzahl vorhanden. Bei besonderen Wetterlagen und unter gewissen Umständen kann aber ein beträchtlicher Unterschied zwischen der Anzahl der positiven und negativen Ionen entstehen. Diesen Zustand nennt man Unipolarität. Die folgende Tabelle, zusammengestellt auf Grund der Messungen von *Israel*[42]), zeigt einen solchen Fall.

Positive Ionen im ccm	14170	15510	45420	4190
Negative Ionen im ccm	20830	7880	23830	8210
Unipolaritätsgrad	(0,32)—	(0,49)+	(0,47)+	(0,49)—

Trockene Luftmassen weisen vorwiegend negative Ladung auf. In Dunst- und Nebelschichten überwiegt ebenso wie in absteigenden Luftströmen das positive Vorzeichen[41]). Auch konnte man an verschiedenen geographischen Orten eine fast ständige Unipolarität der Luft feststellen[26]) [40]).

In einer derartigen Unipolarität glaubt man die Ursache für die Auslösung meteorotroper Erkrankungen zu erblicken[11]) [4]) [2]) [1]) [9]).

Auf Grund dieser Annahme stellte *Dessauer*[4]) seine Versuche zur Erforschung der Wirkung unipolar geladener Luft an. Mit Hilfe einer hier nicht näher beschriebenen Apparatur erzeugte er einen sehr starken Überschuß von Ionen eines Vorzeichens, die von Versuchspersonen eingeatmet wurden. Dabei beobachtete er charakteristische Einwirkungen auf vegetative Funktionen (Atmung, Grundumsatz, Blutdruck, Harnausscheidung). Er kam ganz allgemein zu der Feststellung, daß der menschliche Organismus durch positive Ionen ungünstig, durch negative günstig beeinflußt wird. Andere Forscher *(Happich)*[15]) bestätigen seine Angaben. Auf Grund dieser Erkenntnisse wurde bereits eine Ionentherapie aufgebaut. Hier soll nicht näher erörtert werden, wieweit die Einwendungen gegen dieses Heilverfahren berechtigt sind, die vorwerfen, daß der mögliche pharmakologische Effekt der künstlich erzeugten Magnesiumoxyd-Ionen nicht genügend berücksichtigt worden wäre. Es ist Dessauers Verdienst, exakt festgestellt zu haben, daß die Luftionen durch teilweise Vermittlung der Haut, in der Hauptsache aber durch die Atemwege zur Wirkung gelangen. Von den Dessauerschen MgO-Ionen bleiben 30% in der Lunge zurück, und zwar sind hauptsächlich die Ionen mittlerer Größe, die kleinen und die großen Mittelionen, zu einer physiologischen Wirkung über die Atemwege fähig. Infolge ihrer verhältnismäßig großen Beweglichkeit werden die leichten Ionen bereits am Beginn des Atemtraktus entladen oder überhaupt abgestoßen und

gelangen nicht in die tieferen Luftwege, während die schweren und ultraschweren Ladungsträger vermöge ihrer Trägheit nicht zur Entladung kommen und wieder unversehrt ausgeschieden werden.

Die meteorotropen Einflüsse der Ionisation wirken sich aus im vegetativen System. Es ist für diese der Aufnahme- und Überträgerapparat. Man ist sogar so weit gegangen, zu sagen: Positiv geladene Ionen erzeugen Sympathikotonie, negative Vagotonie[8]).

Wenn diese Vermutung auch noch des Beweises entbehrt, muß man aber jedenfalls annehmen, daß es durch die Einwirkung unipolar geladener Luft zu einer Umstimmung im vegetativen System, zur Erregbarkeitssteigerung und Labilisierung des Regulators des menschlichen Wohlbefindens kommen kann.

Zu den meteorotropen Erkrankungen, d. h. solchen, die durch Witterungseinflüsse verursacht oder ausgelöst werden, zählt man auch die sogenannten Erkältungskrankheiten, im engeren Sinne die Katarrhe der oberen Luftwege. Früher, wie auch noch heute in der Laienwelt, hat man den reinen Abkühlungseinfluß als deren Ursache stark überwertet. Es ist eine Erfahrungstatsache, daß die Abkühlung an sich keineswegs allein die Ursache der Erkältung sein kann. Man konnte nämlich feststellen, daß die Erkrankungsziffer der Erkältungskrankheiten bei bestimmten Wetterlagen trotz großer Kälte und starken Windes nicht größer ist, als an sogenannten schönen Tagen mit viel Sonnenschein. Durch Experimente konnte diese Tatsache erhärtet werden[12]) [30]) [43]). Trotz energischer Abkühlungsprozesse gelang es nicht oder nur selten, Erkältungskrankheiten hervorzurufen. Nach Entdeckung der Bakterien setzte man Erkältungskrankheit = Infektionskrankheit. Die aufblühende Bakteriologie verneinte die Lehre von der Abkühlungsgenese der Katarrhe.

Bald kam man aber zu dem Schluß, daß der Erkältungseinfluß als disponierendes Moment nicht zu unterschätzen sei, und stellte ihn gleichberechtigt neben die Infektion. Beide sollten sich gegenseitig ergänzen. Man weiß durch Experimente, daß durch Kältereize in der Peripherie eine Veränderung in der Durchblutungsgröße der Schleimhäute zu erzielen ist. Es kommt nach anfänglichem Spasmus der Schleimhautgefäße zu einer aktiven Hyperämie[21]). Die Aufquellung der Schleimhäute, die Lymphstauung hat eine Behinderung der phagozytären Tätigkeit der Leukocyten zur Folge. Es kommt zur Vermehrung und Virulenzsteigerung von Keimen, die sich auf der Schleimhaut von Trachea und Bronchien befinden. Die Möglichkeit zum Ausbruch einer Erkältungskrankheit ist gegeben[14]).

Die katarrhalische Erkrankung beruht also zum Teil auf einem neurovaskulären Vorgang, der sich in Abhängigkeit von dem Verhalten des vegetativen Systems befindet. Ist dieses aus dem Gleich-

gewicht gebracht worden, so müssen auch Störungen in der Funktion der Schleimhautvasomotoren hervorgerufen werden.

Es steht aber, wie früher ausgeführt, fest, daß Erkältungskrankheiten auch dann auftreten, wenn eine Abkühlung keineswegs beteiligt ist. Es müssen also noch andere Faktoren wirksam beteiligt sein, die den Organismus in der physiologischen Abwehr krankmachender Kräfte beeinträchtigen.

In der Ansicht, daß auch diese Faktoren durch Veränderung der Durchblutungsgröße der Schleimhaut wirksam sein müßten, wurden die später folgenden Versuche angestellt.

Die Wirkung unipolar geladener Luft auf die Vasomotoren wird in den Versuchen *Dessauers*[4]) durch Sinken des Blutdruckes besonders demonstriert. *Edström*[7]), der mit der Dessauerschen Apparatur arbeitete, beobachtete bei positiver Ionisation eine Zunahme, bei negativer eine Abnahme der Temperatur der Haut infolge Änderung der Durchblutung. Von der Temperatur der Schleimhäute kann man in diesem Falle ähnliches erwarten, denn die Vasomotoren der Schleimhäute und der Haut stehen in Wechselbeziehungen. Für die Annahme einer Wirkung unipolarer Luft auf die Vasomotoren der Schleimhäute sprechen neben *Nekladows*[29]) auch *Straßburgers* Erfahrungen bei der Behandlung chronischer, subakuter und akuter Nasennebenhöhlen-Erkrankungen[38]). Nach Einatmung unipolarer Luft trat nach einer zunächst gesteigerten Sekretion zunehmende Besserung bis völlige Heilung ein.

In den nun folgenden Ausführungen soll untersucht werden, ob die Einatmung von Ionen eines Vorzeichens die Vasomotoren der Schleimhäute des Atemtraktus beeinflußt. Durchblutungsveränderungen der Schleimhäute können, wie schon früher gezeigt, den Boden für den Ausbruch eines Erkältungskatarrhes vorbereiten und diese galt es im Versuch nachzuweisen.

Ändert sich die Durchblutungsgröße der Schleimhäute, ist sie aktiv hyperämisch oder spastisch anämisch, so muß sich dieser Vorgang unbedingt auf die Temperatur und vor allem den Feuchtigkeitsgehalt der Ausatmungsluft auswirken. Um diesen Vorgang auswerten zu können, muß man sich zunächst über die Veränderung, die die eingeatmete Luft in den Atemwegen erfährt, klar werden:

Die eingeatmete Luft, die die Temperatur und Feuchte der atmosphärischen Luft besitzt, streicht durch ein System von warmen, feuchten Räumen, die Nasengänge. Dort wird sie erwärmt und mit Wasserdampf stark angereichert. Dabei wird den Schleimhäuten dieses Gebietes Wärme entzogen. In dem Röhrengewirr der Lunge wird die Luft fast auf Blutwärme gebracht und mit Feuchtigkeit gesättigt. Auf dem Rückweg bei der Ausatmung zieht diese so ver-

änderte Luft wieder an den jetzt kühleren und trockneren Schleimhäuten von Bronchien, Trachea und Nase vorbei. Bei dieser Gelegenheit gibt sie dort durch Kondensation und Leitung Wärme ab und verliert einen Teil ihres Wassergehaltes.

Ist die Schleimhaut von Nase und Trachea nun spastisch anämisch, so wird die eingeatmete Luft nicht so erwärmt und mit Wasserdampf angereichert, wie dies eine normal durchblutete Schleimhaut zu tun vermag. Die Luft kommt also weniger feucht und weniger warm in die Lungen. Die Folge ist, daß sich die schlecht durchblutete Schleimhaut nicht erholen, nicht erwärmen kann, und sich immer mehr abkühlt. Der auf dem Rückweg befindlichen Luft wird also eine bedeutend größere Menge Wärme und folglich auch Feuchtigkeit entzogen als von einer normal durchbluteten Schleimhaut. Die ausgeatmete Luft ist relativ kühl und enthält relativ wenig Wasser. — Von hyperämischen, warmen Schleimhäuten wird die Ausatmungsluft kaum mehr verändert, denn ihre Temperatur ist der in der Lunge stark angenähert. Es wird sogar der Fall eintreten, daß, wenn die Hyperämie fast über den ganzen Atemtraktus verbreitet ist, die ausgeatmete Luft wärmer und daher auch feuchter ist, als unter normalen Verhältnissen. — Auch spielt eine große Rolle die Temperatur und Feuchte der eingeatmeten Luft. Kalte, selbst mit Feuchtigkeit gesättigte Luft erfährt nach ihrer Erwärmung in der Nase ein viel größeres Sättigungsdefizit und wirkt deshalb austrocknender, als nicht gesättigte, aber warme Luft[31]), da letztere im allgemeinen einen weit höheren Gehalt an absoluter Feuchtigkeit besitzt.

Die Temperatur und vor allem die Feuchte der ausgeatmeten Luft stehen in einem Abhängigkeitsverhältnis zur Durchblutungsgröße der Schleimhäute der Atemwege.

Da die Gefäßnerven der Schleimhäute vom vegetativen System gesteuert werden, muß eine Beeinflussung dieses Systems sich auf Temperatur und Feuchte der ausgeatmeten Luft auswirken.

Zur Untersuchung wurden im Spätsommer 1938 und Juni/Juli 1939 Experimente mit Kaninchen vorgenommen.

Zunächst mußten die geforderten Bedingungen erfüllt werden, d. h. es galt, durch entsprechende Apparatur positiv bzw. negativ ionisierte Luft zu erzeugen, und zwar so, daß

1. zwischen den entgegengesetzt geladenen Elektrizitätsträgern in der Luft ein möglichst großer zahlenmäßiger Unterschied bestand,
2. dieser erzeugte neue Zustand im Ionenverhältnis auf der erreichten Stufe so lange gehalten werden konnte als der Versuch es forderte,

3. die erzeugten Ionen von mittlerer Größe waren,
4. das Ionengleichgewicht möglichst schnell wieder hergestellt werden konnte.

Die Aufladung der Luft wurde mit Hilfe einer einseitig geerdeten Influenzmaschine, deren Antrieb durch einen kleinen Elektromotor erfolgte, bewerkstelligt. Bei Änderung der Drehrichtung der Scheiben der Influenzmaschine bekam auch das entgegengesetzte Vorzeichen im Ionengemisch die Überhand. Hatte man z. B. vorher eine positive Ionisation hervorgerufen, so erhielt man beim Drehen in entgegengesetzter Richtung einen negativen Ladungsüberschuß in der Zimmerluft. Dabei blieb es dem Zufall überlassen, welche Ionenart nach längerer Pause beim ersten Ingangsetzten des Apparates erzeugt wurde. Auf diese Weise gelang es regelmäßig die Ionen eines Vorzeichens so stark anzureichern, daß das Mischungsverhältnis im Durchschnitt 1:10 betrug.

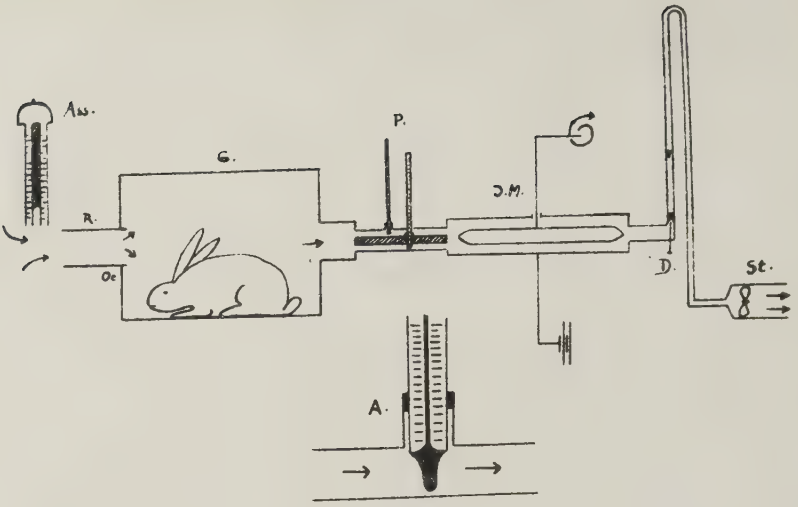
Als Versuchsraum stand ein Zimmer von ungefähr 25 cbm Luftinhalt zur Verfügung. Mit Hilfe der oben beschriebenen Apparatur konnte die Luft in diesem Raum innerhalb kurzer Zeit mit einem Überschuß an Ladungsträgern eines Vorzeichens versehen werden. Ein Ventilator sorgte für gute Durchwirbelung und Verteilung im Raume. Die Art und der Grad der Ionisation wurden mittels eines Israelschen Universalionenmessers mit Lindemann-Elektrometer festgestellt. Das Elektrometer befand sich auf einer mittleren Empfindlichkeitsstufe von 100 Skalenteilen pro Volt. Die Spannung an den Zylinderkondensatoren betrug ± 100 Volt.

Zur Untersuchung der gestellten Frage wurde nach längeren Experimenten mit verschiedenen Apparaturen eine nach dem Psychrometerprinzip arbeitende Versuchsanordnung gewählt.

Der durch den Ausatmungsvorgang veränderte Feuchtigkeitsgehalt der Luft wurde direkt mit Hilfe eines trockenen und eines feuchten Thermometers im genügend großen, gleichmäßigen Luftstrom ermittelt. Durch Vergleich mit der gleichzeitig bestimmten Feuchte und Temperatur der Luft vor der Inspiration, war der Grad einer etwaigen Veränderung zu erkennen.

Versuchsanordnung

Das Versuchstier sitzt bequem in einem Glasbehälter (G) von ungefähr 15 l Inhalt. In einer Wand befindet sich eine 8 cm große runde Öffnung (Oe), der ein passendes Glasrohr (R) von 30 cm Länge aufgesetzt ist. In die gegenüberliegende Wand des Behälters sind, im Abstand von 0,5 cm, die zwei nur 1 cm weiten Glasröhren des Psychrometers (P) eingebaut.



(In der Skizze sind diese beiden Röhren übereinander eingezeichnet, in Wirklichkeit liegen sie nebeneinander.) — Dieser Luftfeuchtigkeitsmesser arbeitet wie ein Aßmannsches Aspirations-Psychrometer; die zwei Glasröhren von 1 cm Durchmesser und 10 cm Länge haben in der Mitte einen zylindrischen kurzen Aufsatz (A), durch den das trockene bzw. feuchte Thermometer (mit $^1/_{10}$ Gradeinteilung) luftdicht eingeführt werden können. Angeschlossen ist der Ionenmesser nach Israel. (I.M.) Durch dieses System hindurch wird mittels eines Staubsaugers (St) Luft gesaugt, deren Menge mit einem Rotameter (Ro) gemessen und mit Hilfe einer Drosselschraube (D) auf eine bestimmte Menge (1,4 l/sec.) genau einreguliert ist.

Alle Fugen sind durch Gummikragen dicht abgeschlossen. — Arbeitet der Staubsauger, so fließt in dem Behälter (G) ein Luftstrom von der Öffnung (Oe) an dem Kopf des Kaninchens vorbei zu dem Psychrometer (P). Dieser Luftstrom führt dem Kaninchen ständig Zimmerluft zu und verhindert, daß Ausatmungsluft durch den langen Ansatzstutzen aus dem Behälter tritt. Die durch die Ausatmungsluft des Kaninchens mit Wasserdampf angereicherte Luft strömt an dem Psychrometer vorbei, wo ihre Feuchte und Temperatur festgestellt wird. Die Temperatur und Feuchte der Zimmerluft wurde kurz vor dem Ansatzrohr mit einem Aßmannschen Aspirations-Psychrometer (Ass.) gemessen, nach dem das zweite Psychrometer geeicht ist. Aus der Differenz der Messungen beider Psychrometer läßt sich dann der Feuchtigkeitsgehalt der ausgeatmeten Luft feststellen. Versuchsreihen, bei denen das Tier unruhig war, oder durch andere Faktoren die Luftfeuchtigkeit in der Glasglocke hätte verändert werden können, (z. B. Speichelfluß, Lecken, Exkremente), wurden nicht ge-

wertet. – Da der Luftstrom auch durch den Ionenmesser fließt, ist jederzeit festzustellen, ob die Ladungsträger eines Vorzeichens überwiegen. Dabei muß man in Kauf nehmen, daß die genaue Anzahl der Ionen, die das Versuchstier einatmet, nicht bestimmt werden kann, denn durch den verhältnismäßig langen und teilweise engen Weg, den der Luftstrom durchfließen muß, wird ein großer Teil der Ionen abgefangen und gelangt nicht in den Ionenmesser. Da aber nicht die Wirkung des genauen Unipolaritätsgrades, sondern nur die der Unipolarität an sich ermittelt werden soll, braucht man darauf keine Rücksicht zu nehmen. Wie durch Leerversuche nachgewiesen wurde, war in der Tat der Unipolaritätsgrad der eingeatmeten Luft in Wirklichkeit größer als derjenige, welcher zur Feststellung kam. Hingegen ließ sich das Überwiegen von Ionen eines Vorzeichens während des Versuches stets einwandfrei wahrnehmen.

Eine Meßreihe dauerte etwa 1½ Stunde. Während der ersten 30 Min. wurde die Temperatur und Feuchte der Luft unter gewöhnlichen Verhältnissen, also bei Ionengleichgewicht, gemessen. Die Ablesung der Thermometerstände erfolgte alle Minute. Von der 30. bis 60. Min. wurde die Zimmerluft unipolar ionisiert und kontrolliert, ob sie eine Wirkung auf die Wasserdampfabgabe der Schleimhäute ausübte und welcher Art diese war. In der letzten ½ Stunde wurde der Ausgleich des Ionenverhältnisses wieder herbeigeführt und durch Öffnen der Türen und Fenster unterstützt. Nach ungefähr 10 Min. war wieder Ionengleichgewicht eingetreten. Auch während dieser Zeit wurden dauernd die Thermometerstände verfolgt und Temperatur und Feuchte der Zimmerluft durchschnittlich alle 4–5 Min. ermittelt.

Zunächst experimentierte ich ohne Ionisation, um festzustellen, ob sich unter normalen Bedingungen die Feuchte des mit der ausgeatmeten Luft vermischten Luftstroms verändert. Das geschah, um sicher zu sein, daß gegebenenfalls auftretende Veränderungen bei den späteren Versuchen mit ionisierter Luft nicht von anderen Faktoren verursacht wurden.

Zeichenerklärung

Die angegebenen Kurvenpunkte zeigen den Dampfdruck an, den man zahlenmäßig der absoluten Feuchtigkeit ungefähr gleichsetzen kann. Die Werte wurden auf Grund der Thermometerablesungen aus der Psychrometertafel ermittelt.

A. Feuchtigkeitskurven

K_1: Dampfdruck der mit Atemluft des Kaninchens vermischten Zimmerluft.

K_2: Dampfdruck der Zimmerluft.

K_3: Menge der ausgeatmeten Feuchtigkeit, erhalten aus den Differenzen K_1 bis K_2.

$\overset{+}{V}$: Beginn der positiven Ionisation.

$\overset{-}{V}$: Beginn der negativen Ionisation.

$\overset{o}{V}$: Beginn der Lüftung.

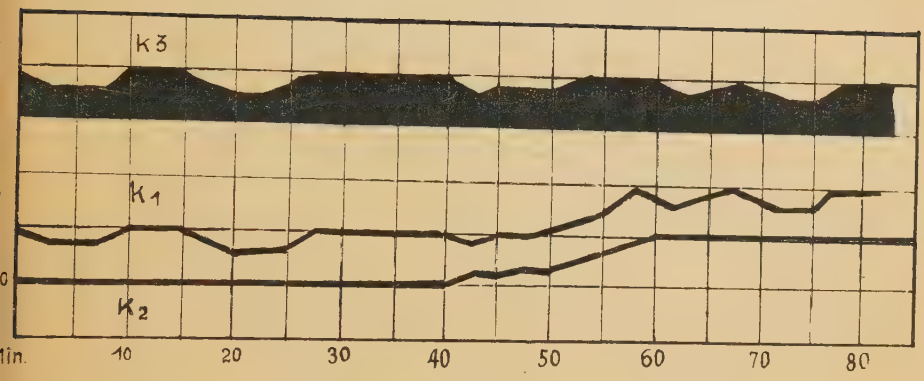
B. Temperaturkurven

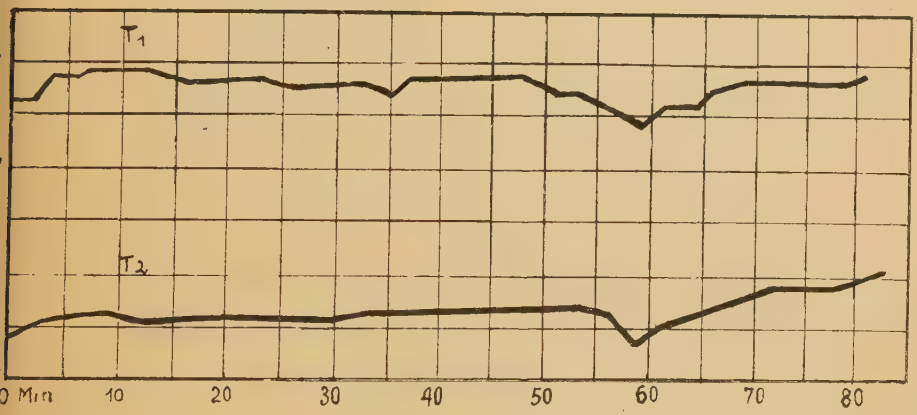
T_1: Temperatur der Luft, die bereits mit der Ausatmungsluft gemischt ist.

T_2: Temperatur der Zimmerluft*).

---

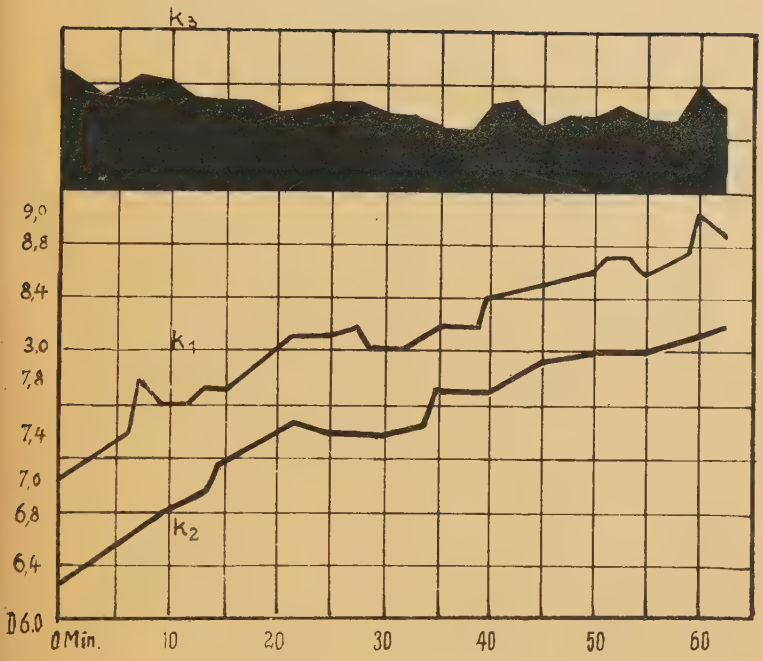
*) Die in T_1 aufgezeigten Werte darf man natürlich nicht betrachten als ob ihre Veränderungen allein durch die Temperatur der Atemluft hervorgerufen worden seien. Es geht schon aus der Versuchsanordnung hervor, daß diese Werte auch wesentlich durch das Vorbeistreichen der Luft an dem warmen Körper des Versuchstieres beeinflußt werden.

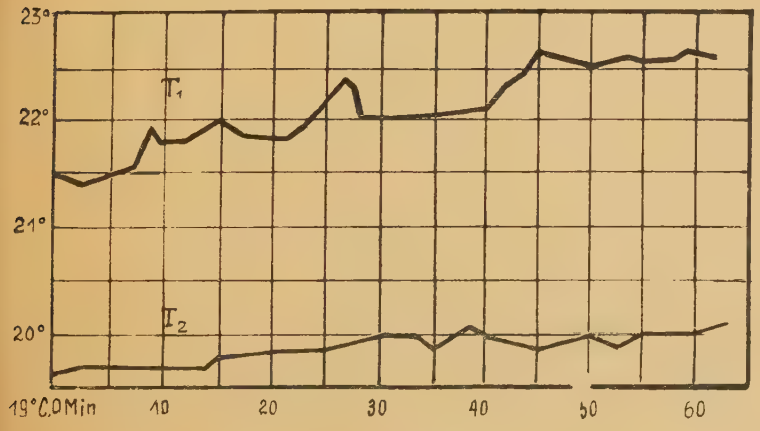

K3
K1
K2
10
20
30
40
50
60
70
80


T1
T2
10
20
30
40
50
60
70
80

Erster Versuch: (Ohne Ionisation)

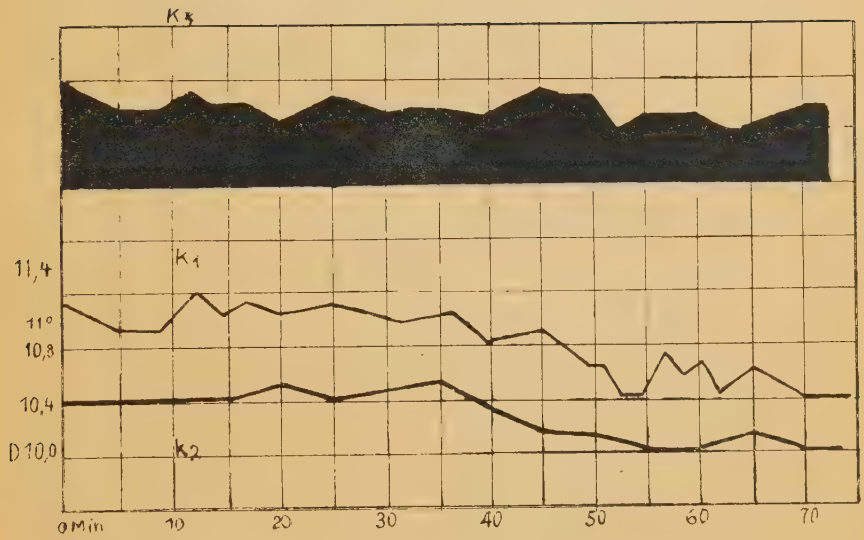
Die Menge der ausgeatmeten Feuchtigkeit bleibt die gesamte Versuchsdauer über mit ganz geringen Schwankungen dieselbe (K_3). Nach der Lüftung ist die absolute Feuchtigkeit der Zimmerluft angestiegen. Infolgedessen müßte die Wasserverdunstung der Schleimhäute eingeschränkt sein. Das ist jedoch nicht der Fall.

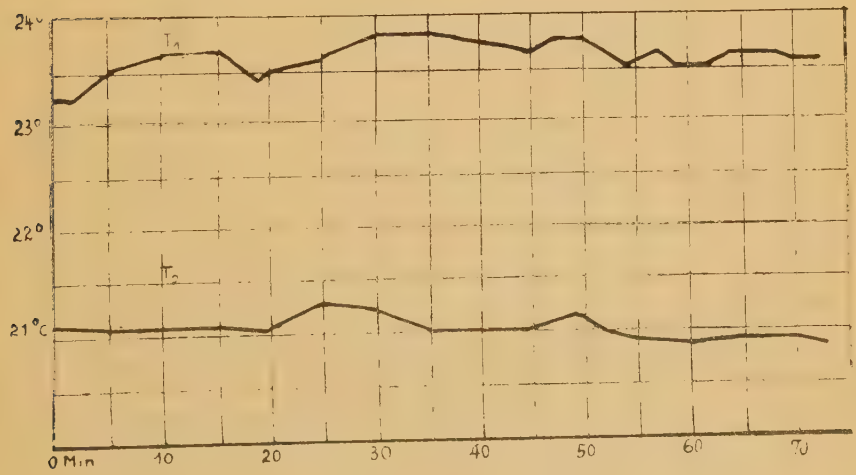

K3
9,0
8,8
8,4
3,0
7,8
7,4
7,0
6,8
6,4
D6.0
K1
K2
0 Min.
10
20
30
40
50
60


23°
22°
21°
20°
19°C.0 Min
T1
T2
10
20
30
40
50
60

Zweiter Versuch: (Ohne Ionisation)

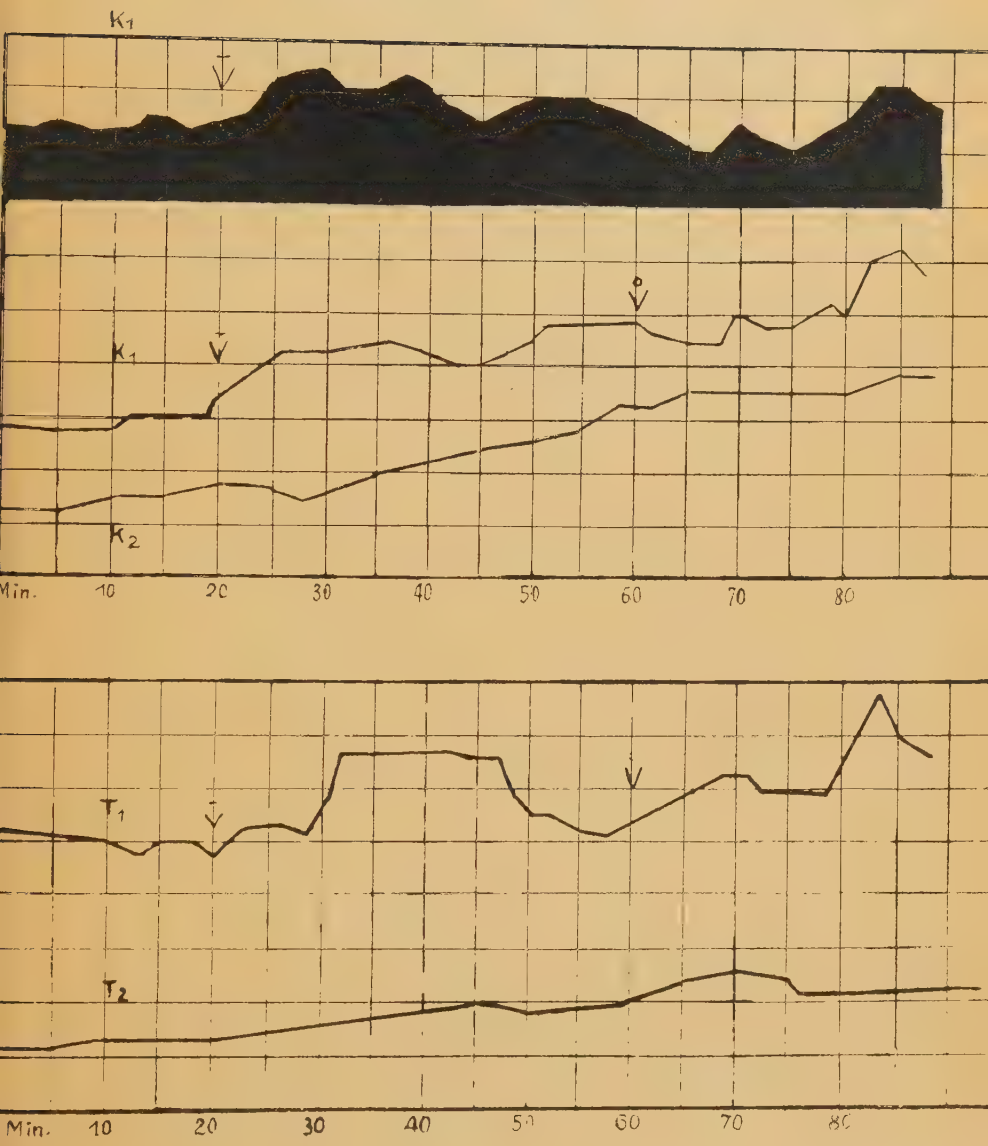
Während der Versuchsdauer nimmt der Feuchtigkeitsgehalt der Zimmerluft zu (K_2), die Temperatur ebenfalls, aber in einem geringeren Grade (T_2). Theoretisch muß daraufhin, da das Sättigungsdefizit immer kleiner wird, bei gleichbleibender Wärme der Ausatmungsluft deren Wasserdampfgehalt immer geringer werden. Bis fast gegen Ende (bis zur 38. Min.) ist das auch der Fall. Der Wasserdampfgehalt hält sich dann aber auf gleicher Stufe und steigt zum Schluß sogar noch wenig. Die Temperatur der Zimmerluft bleibt zu dieser Zeit nahezu auf derselben Stufe stehen, die Temperatur der Mischluft steigt aber stark an (T_1). Dies kann man als Zeichen dafür ansprechen, daß die Schleimhäute von dieser Zeit an stärker durchblutet werden, also wärmer waren, und folglich auch die so erwärmte Ausatmungsluft mehr Wasser aufnehmen konnte. Dieser Vorgang zeigt, mit welch feinen Regulationsmöglichkeiten die Schleimhaut der Atemwege ausgestattet ist. Störungen in diesem System müssen für den Organismus von schwerwiegenden Folgen begleitet sein.


K3
11,4
K1
11°
10,8
10,4
D 10,0
K2
0 Min
10
20
30
40
50
60
70


24°
T1
23°
22°
T2
21°C
0 Min
10
20
30
40
50
60
70

Dritter Versuch: (Ohne Ionisation)

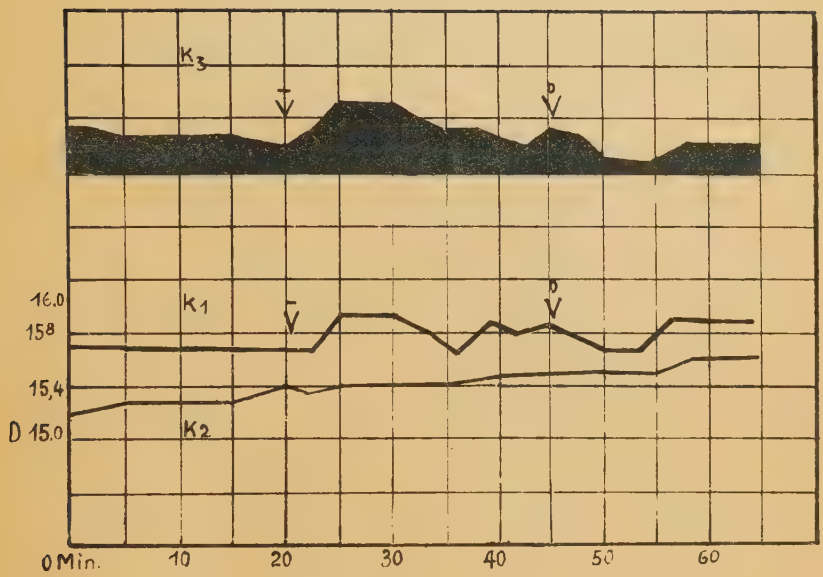
Hier fällt der Feuchtigkeitsgehalt der Zimmerluft, nachdem er zunächst gleichgeblieben ist, von der 35. Min. an (K_2), ihre Temperatur bleibt fast auf derselben Höhe (T_2). Da dadurch das Sättigungsdefizit größer wird, steigt auch ungefähr zur selben Zeit der Feuchtegehalt der Ausatmungsluft (K_3).

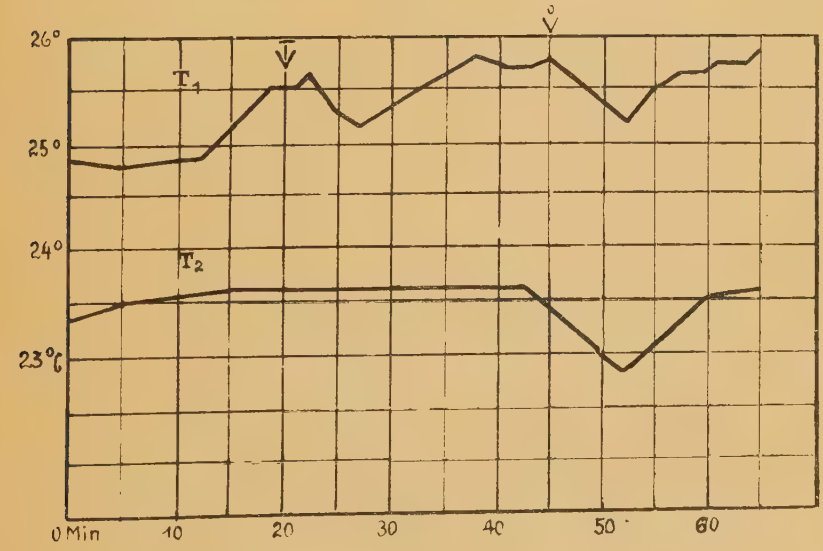

K1
K1
K2
Min.
10
20
30
40
50
60
70
80

T1
T2
Min.
10
20
30
40
50
60
70
80

Vierter Versuch: (Negative Ionisation)

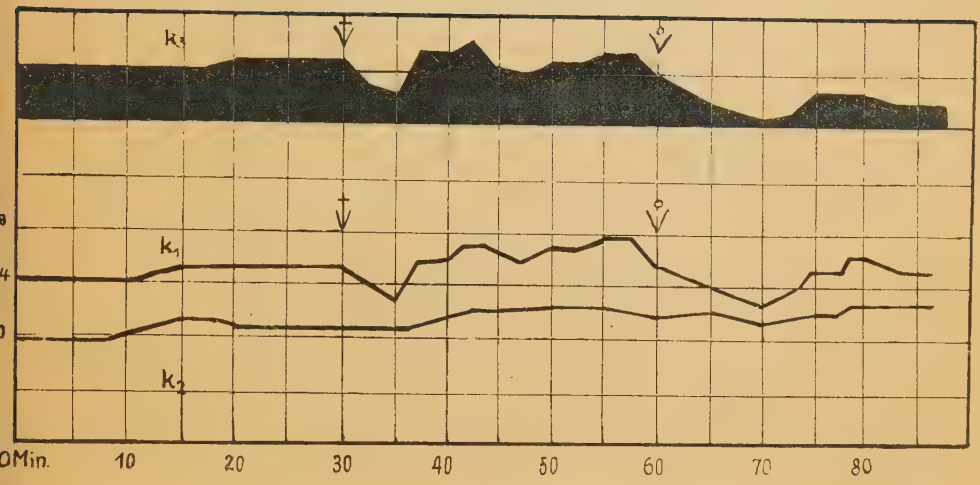
Die Kurve K_2 zeigt, daß während der gesamten Versuchsdauer die Feuchte der Zimmerluft ständig ansteigt, ebenfalls deren Temperatur (T_2). Dieser Vorgang hätte unter gewöhnlichen Verhältnissen eine stetige Abnahme der Wasserdampfabgabe der Schleimhäute zur Folge gehabt. Es ergibt sich nun folgende interessante Feststellung bei Einatmung unipolar geladener Luft: Kurz nach deren Einwirkung steigt der Wassergehalt der mit der Atemluft gemischten Luft stark an, gleichzeitig deren Temperatur (K_3, T_1). Dieser Zustand hält während der ganzen Dauer der Ionisation an. Die Schleimhäute sind hyperämisch, d. h. wärmer geworden. Dadurch ist auch die Temperatur der vorbenstreichenden Atemluft gestiegen und es kann mehr Wasser absorbiert werden. Zeitweilig tritt ein Gefäßspasmus ein, der dann wieder mit Hyperämie abwechselt. Nach Aufhören der Ionisation und Wiederherstellung des Ionengleichgewichtes in der Zimmerluft, sinkt zunächst die Wasserdampfabgabe, steigt dann wieder, wie auch die Kurve T_1 beweist, und fällt darauf von neuem. Die Schleimhautgefäße sind nach Aufhören des Reizes in einen abwechselnden Zustand von Anämie und Hyperämie versetzt worden; sie sind labilisiert.

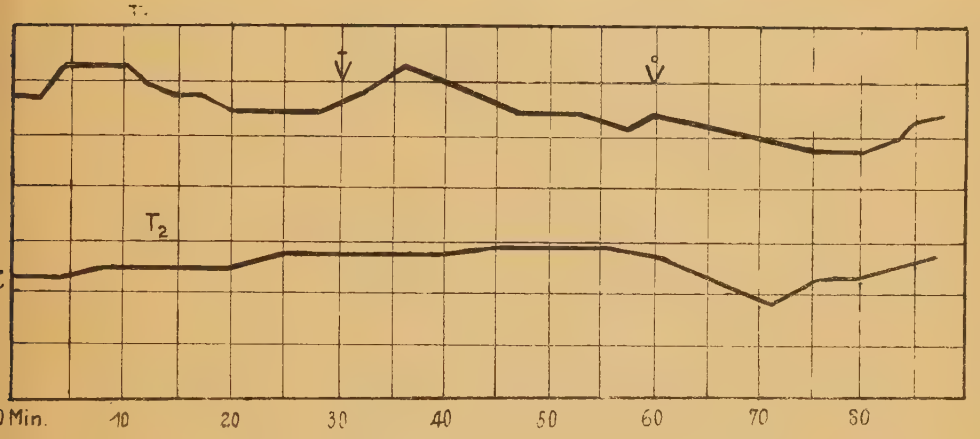

K3
K1
K2
16.0
15.8
15,4
D 15.0
0 Min.
10
20
30
40
50
60


T1
T2
26°
25°
24°
23°C
0 Min
10
20
30
40
50
60

Fünfter Versuch: (Negative Ionisation)

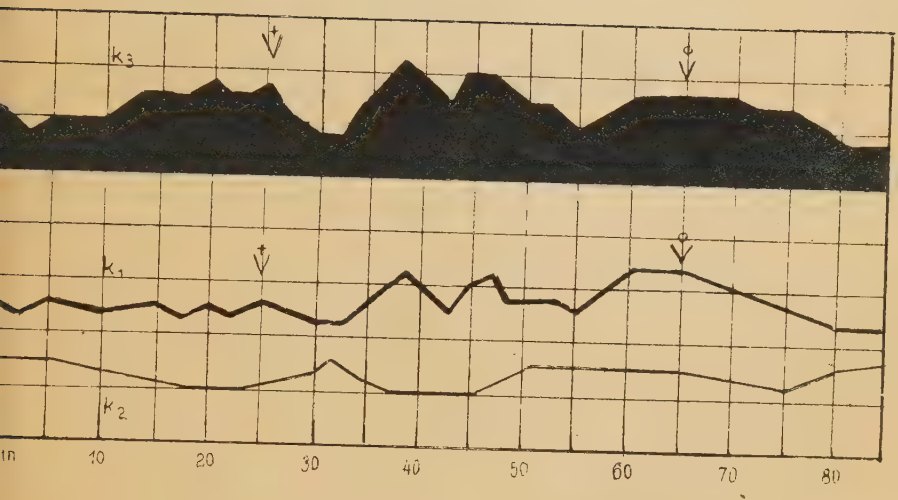
Diese Kurven zeigen ungefähr dasselbe Bild wie die von Versuch 4.

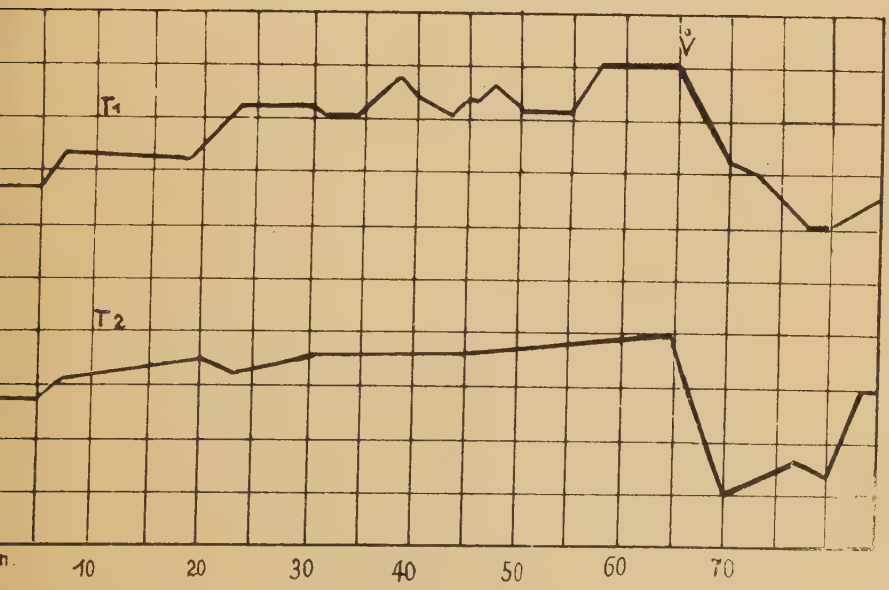

k₁
k₁
k₂
Min.
10
20
30
40
50
60
70
80


T₂
Min.
10
20
30
40
50
60
70
80

Sechster Versuch: (Negative Ionisation)

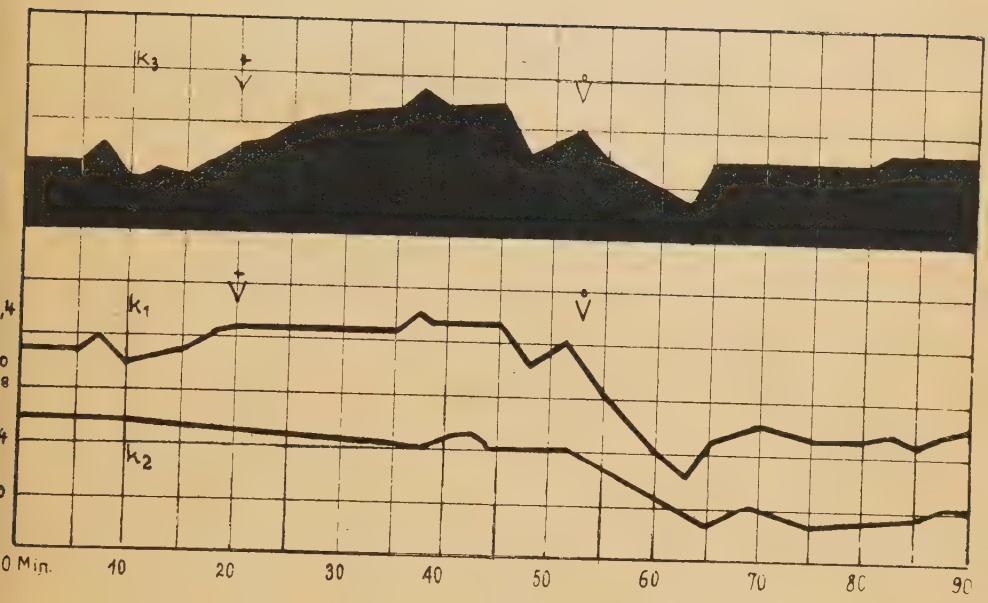
Kurze Zeit, nachdem die negativen Ionen eingewirkt haben, kommt es zu einem Spasmus der Schleimhautgefäße, dem eine Hyperämie folgt. Nach Ende der Aufladung und Wiederherstellung des Ionengleichgewichtes nimmt die Wasserdampfabgabe der Schleimhaut wiederum stark ab (K_3, T_3), um danach wieder anzusteigen.

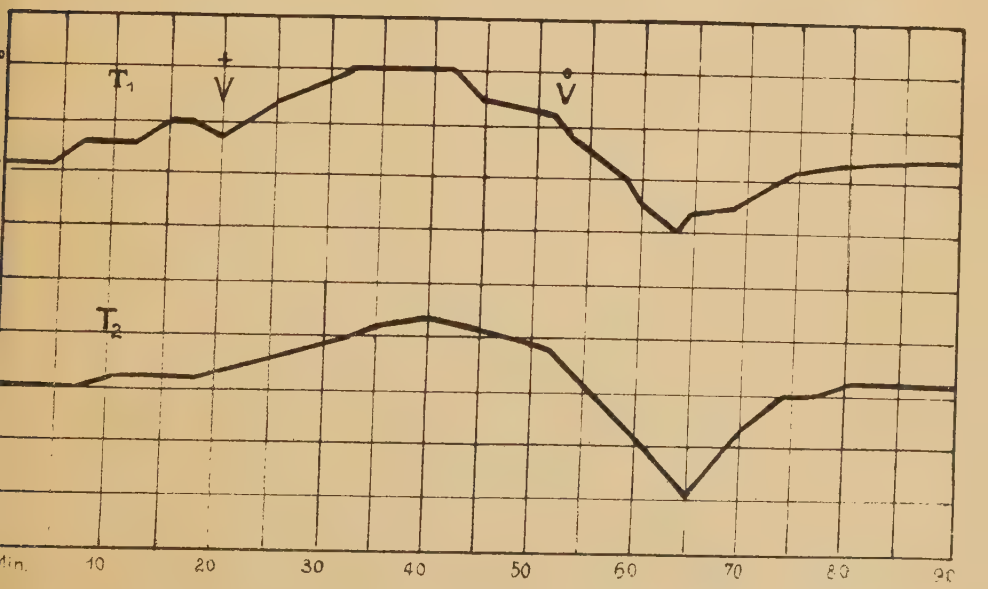

k3
k1
k2
10
20
30
40
50
60
70
80


T1
T2
10
20
30
40
50
60
70

Siebenter Versuch: (Positive Ionisation)

Auch bei der Einatmung positiv ionisierter Luft lassen sich dieselben Feststellungen machen. Nach anfänglichem Spasmus tritt Hyperämie der Schleimhäute auf, die von dem Zeitpunkt, wo positive und negative Ionen in gleicher Anzahl in der eingeatmeten Luft vorhanden sind, langsam verschwindet.


K3
K1
K2
0 Min.
10
20
30
40
50
60
70
80
90


T1
T2
Min.
10
20
30
40
50
60
70
80

Achter Versuch: (Positive Ionisation)

Die Ergebnisse dieses Versuches bestätigen die Beobachtungen der früheren Meßreihen.

Zusammenfassend kann man sagen, daß durch die Einwirkung unipolar geladener Luft der Tonus der Vasomotoren, welche die Schleimhäute des Atemtraktus versorgen, beeinflußt wird. Eine unterschiedliche oder gar entgegengesetzte Wirkung der beiden Ionenarten kann nicht festgestellt werden. Die Schleimhautgefäße verhalten sich wechselnd. Hyperämie und Anämie sind wahrnehmbar. In der Mehrzahl der Fälle ist Hyperämie festzustellen; vielleicht hängt diese Erscheinung mit der Labilitätslage zusammen, in der sich das vegetative System im Augenblick der Einwirkung unipolarer Luft bereits befindet. Es ist anzunehmen, daß dieses Verhalten der Gefäße nicht ohne nachteilige Folgen für die Abwehrkraft der Schleimhäute sein kann.

Dazu kommt noch eine andere Beobachtung von *Munk*[28]). Er stellte fest, daß die Oberfläche des Menschen mit einem System von elektromotorischer Kraft versehen ist. Zwischen zwei verschiedenen Punkten fand er ein Potentialgefälle, das auch über längere Zeiträume unter verschiedenen krankhaften Störungen nur geringe Schwankungen zeigte. Beim Beginn von Erkältungen aber bemerkte er, daß sofort Veränderungen im Potentialgefälle eintraten. Zwischen Nasenschleimhaut und Hohlhand fiel das Potential bis auf die Hälfte ab. War die Erkrankung jedoch im vollen Gange, hatte das Potential bereits wieder die alte Höhe erreicht und befand sich im Gleichgewicht. *Munk* kommt zu dem Schluß „daß bei der Erkältung weniger eine Störung des Apparates der Wärmeregulation, als eine Störung des elektromotorischen Systems der Haut eine Rolle spielt".

Man kann sich wohl vorstellen, daß unipolar geladene Luft bei ihrer Entladung im Atemtraktus auch dieses System beeinflußt. Eine positive Ladung entlädt die negativ geladenen Zellen der Schleimhaut, negative Ladung vergrößert ihr Potential.

Außerdem weiß man, daß die Vermehrung und Virulenzsteigerung von Bakterien in einem bestimmten elektrischen Milieu bevorzugt eintritt[28]). Es liegt die Annahme nahe, daß durch Veränderung im Potential der Schleimhäute derartige für die Entwicklung pathogener Mikroorganismen günstige Bedingungen geschaffen werden. Durch die gleichzeitig auf Grund der vasomotorischen Vorgänge hervorgerufenen Behinderung der Schleimhäute in der Abwehr gegenüber vielleicht in ihrer Virulenz gesteigerten Mikroorganismen ist der Ausbruch einer Erkältungskrankheit in den Bereich der Möglichkeiten gerückt.

Ergebnis

Einatmung unipolar geladener Luft veranlaßt im Kaninchen-Versuch, gemessen an der Temperatur und Feuchtigkeit der ausgeatmeten Luft eine deutlich wahrnehmbare Labilisierung der Schleimhäute des Atemtraktus. Nach zuweilen anfänglichen Gefäßspasmus kommt es zu einer Hyperämie.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. *W. Pfannenstiel* für die Überlassung des Themas und die freundlichen Anregungen und wertvollen Ratschläge, die er mir bei der Anfertigung der Arbeit zuteil werden ließ, Fräulein Dr. *Richter* und Fräulein Dr. *Polzer* für ihre Unterstützung und für die mir aus der Staatlichen Forschungsabteilung für Kurortwissenschaft und medizinische Klimatologie beim Hygienischen Institut der Universität Marburg zur Verfügung gestellten Apparate, meinen besten Dank auszusprechen.

Literaturverzeichnis

1. *Bélak:* Übt die Unipolarität der Luft physiologische Wirkungen aus? Sonderabdruck aus der Zeitschrift f. Infektionskrankheiten. 111. Band, Heft 5.
2. *De Langen:* Ref. Biokl. Beibl. 1934, Heft 1.
3. *De Rudder:* Wetter und Jahreszeiten als Krankheitsfaktoren. Berlin, Julius Springer 1931.
4. *Dessauer:* 10 Jahre Forschung auf dem Physikalisch-Medizinischen Grenzgebiet.
5. *Diringshofen:* Klima und Witterung der Jahre 1932–1934 und der Einfluß auf die gesundheitlichen Verhältnisse in Marburg a. d. Lahn. Heft 5 der Arbeiten aus der Staatl. Forschungsabteilung für Kurortwissenschaft und medizinische Klimatologie. Marburg 1935.
6. *Dörffel:* Untersuchungen über Luftionen in Marburg. Biokl. Beibl. 1937, Heft 3.
7. *Edström:* Ref. Zentralblatt f. d. ges. innere Med. 78, S. 482.
8. *Edström:* Ref. Balneologe 1934, S. 192.
9. *Edström:* Ref. Balneologe 1935, S. 276.
10. *Eckhard:* Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankheiten. Band 118, Heft 1.
11. *Flach:* Biokl. Beibl. 1935, Heft 1.
12. *Flach:* Biokl. Beibl. 1938, Heft 1.
13. *Flach:* Balneologe 1934, Heft 5.
14. *Giese* und *Uffenorde:* Angina und Wetter. Kurt Kabitzsch, Leipzig 1931.
15. *Happich:* Dt. Med. Wschr. 1938, S. 665.
16. *Hoelper:* Einfluß der Luftelektrizität auf den Körper. Sonderabdruck aus „Die Med. Welt".
17. *Illenyi:* Dt. Med. Wschr. Nr. 16, S. 672.
18. *Israel:* Gerlands Beitr. z. Geophysik 1929, S. 144.
19. *Israel:* Vortrag auf d. Hamburger Tagung der Deutschen Meteorolog. Gesellschaft am 5. 10. 33. Ärosole und Ionen als Klimafaktoren. Biokl. Beibl. 1934, Heft 1.
20. *Israel:* Gerlands Beitr. z. Geophysik 1931, S. 173.
21. *Kairies* und *Schmidt:* Über die Entstehung von Erkältungskrankheiten. Jena 1932.
22. *Klotz:* Med. Welt 1936, S. 295.
23. *Köhler:* Strahlentherapie 1933, S. 48.
24. *Linke:* Die physikalisch-meteorolog. Grundlagen der medizinischen Klimatologie. Sonderabdruck aus den Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft f. innere Medizin. XLVII. Kongreß. Wiesbaden 1935.
25. *Loewy:* Über Klimaphysiologie. Georg Thieme, Leipzig 1931.
26. *Loßnitzer:* Balneologe 1934, S. 97.
27. *Mörikhöfer:* Ref. Biokl. Beibl. 1937, Heft 3.
28. *Munk:* Dt. Med. Wschr. 1934, S. 1619.

29. *Nekladow:* Ref. Biokl. Beibl. 1936, S. 42.
30. *Noltenius:* Med. Welt 1936, S. 291.
31. *Pfleiderer:* Meteorophysiologie des Wärmehaushaltes. Bergmann, München 1935.
32. *Rajewski:* Strahlentherapie 1933, S. 125.
33. *Schade:* Zeitschr. f. d. ges. exp. Med. 1919, S. 275.
34. *Schröder:* Med. Welt 1937, S. 569.
35. *Schulz:* Zeitschr. f. d. ges. phys. Therapie, Bd. 45, Heft 3.
36. *Schulz:* Biokl. Beibl. 1937, Heft 1.
37. *Schulz:* Biokl. Beibl. 1934, Heft 1.
38. *Straßburger:* Dt. Med. Wschr. 1316.
39. *Weger:* Gerlands Beitr. z. Geophysik 1934, Heft 2/3.
40. *Flach:* Biokl. Beibl. 1935, S. 12.
41. *Kähler:* Die luftelektrischen Verhältnisse in der norddeutschen Tiefebene. Naturwissenschaften 1936, S. 246.
42. *Israel:* Gerlands Beitr. z. Geophysik 1929, S. 155.
43. *Flach:* M. Med. Wschr. 1936, S. 1923.

Lebenslauf

Am 18. Oktober 1912 wurde ich als Sohn des Lehrers Karl Achler und seiner Ehefrau Selma, geb. Deyß in Zimmersrode (Bez. Kassel) geboren. Nach vierjährigem Volksschulunterricht, besuchte ich zunächst die Oberrealschule in Treysa, dann das Reformrealgymnasium in Melsungen, wo ich im Frühjahr 1933 die Reifeprüfung ablegte. Nachdem ich das Werkhalbjahr im Freiwilligen Arbeitsdienst in Ostpreußen abgeleistet hatte, bezog ich im Winter-Semester 1933/34 die Universität in Marburg zum Studium der Medizin. Im Anschluß an das Winter-Semester 1935/36 bestand ich dort die ärztliche Vorprüfung, am 19. Mai 1939 das Medizinische Staatsexamen. Vom 1. Juli bis 31. Juni 1939 leistete ich einen Teil des Praktischen Jahres am Hygienischen Institut der Universität Marburg ab. Seit dem 1. August 1939 bin ich als Medizinalpraktikant am Kreiskrankenhaus Rüdersdorf bei Berlin beschäftigt.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten: Alverdes, Baumann, Baur, Becher, Boeminghaus, Claufsen, Dittler, Encke, Förster, Göppert, Gremels, Grüneisen, Grüter, Habs, Jaeck, Jacobshagen, Kehrer, Kestermann, Klapp, Klewitz, Kretschmer, Kutscher, Laubender, Loebell, Mauz, Meerwein, Nauck, Neumann, Pfannenstiel, Rix, Ruete, Schornstein, Schwenkenbecher, Stecher, Strecker, Uffenorde, Versé, Winkler, Wiskott.